

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6930842号
(P6930842)

(45) 発行日 令和3年9月1日(2021.9.1)

(24) 登録日 令和3年8月16日(2021.8.16)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 3/10 (2006.01) A 6 1 B 3/10

請求項の数 4 (全 14 頁)

| | |
|---|--|
| <p>(21) 出願番号 特願2017-54384 (P2017-54384) (22) 出願日 平成29年3月21日 (2017.3.21) (65) 公開番号 特開2018-153543 (P2018-153543A) (43) 公開日 平成30年10月4日 (2018.10.4) 審査請求日 令和2年3月17日 (2020.3.17)</p> | <p>(73) 特許権者 000220343 株式会社トプコン 東京都板橋区蓮沼町75番1号 (74) 代理人 100124626 弁理士 榎並 智和 (72) 発明者 奥田 陽紀 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社 トプコン内 審査官 増淵 俊仁</p> |
|---|--|

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼科装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検眼のデータを取得するための光学系と、
 前記光学系と前記被検眼とを前記光学系の光軸方向に相対的に移動する駆動部と、
 前記被検眼の前眼部を異なる方向から同時に撮影するための2以上の撮影部と、
 前記2以上の撮影部により同時に得られた2以上の撮影画像を解析することにより前記被検眼の2以上の特徴部位の少なくとも1つの3次元位置を特定する位置特定部と、
 前記光学系と前記位置特定部により特定された前記3次元位置との間の距離を特定する距離特定部と、

前記距離特定部により特定された前記距離に基づいて前記駆動部を制御することにより前記光学系と前記被検眼とを相対移動させる制御部と、

を含み、

前記位置特定部は、前記被検眼の第1特徴部位を特定できなかつたとき、前記第1特徴部位と異なる前記被検眼の第2特徴部位の3次元位置を特定し、

前記第2特徴部位は、前記被検眼の瞼又は睫毛である、眼科装置。

【請求項2】

前記制御部は、前記距離に基づいて前記被検眼に対し前記光学系が所定の距離以上に接近しないように前記駆動部を制御する

ことを特徴とする請求項1に記載の眼科装置。

【請求項3】

10

20

前記第1特徴部位は、前記被検眼の瞳孔又は角膜であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の眼科装置。

【請求項4】

操作部を含み、

前記制御部は、前記操作部を用いた操作に応じて前記駆動部を制御して前記光学系と前記被検眼とを相対移動させる

ことを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか一項に記載の眼科装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検眼のデータを取得するための眼科装置に関する。

【背景技術】

【0002】

眼科装置には、被検眼の特性を測定するための眼科測定装置と、被検眼の画像を得るための眼科撮影装置とが含まれる。

【0003】

眼科測定装置の例として、被検眼の屈折特性を測定する眼屈折検査装置（レフラクトメータ、ケラトメータ）や、眼圧計や、角膜の特性（角膜厚、細胞分布等）を得るスペキュラーマイクロスコープや、ハルトマン-シャックセンサを用いて被検眼の収差情報を得るウェーブフロントアナライザなどがある。

【0004】

眼科撮影装置の例として、光コヒーレンストモグラフィ（Optical Coherence Tomography、OCT）を用いて断層像を得る光干渉断層計や、眼底を写真撮影する眼底カメラや、共焦点光学系を用いたレーザ走査により眼底の画像を得る走査型レーザ検眼鏡（Scanning Laser Ophthalmoscope、SLO）などがある。

【0005】

このような装置を用いた眼科検査では、検査の精度や確度の観点から、光学系と被検眼との位置合わせ（アライメント）が重要である。アライメントには、一般に、被検眼の軸に光学系の光軸を一致させる動作（XYアライメント）と、被検眼と光学系との間の距離を所定の作動距離に合わせる動作（Zアライメント）とがある。

【0006】

Zアライメントが必要な眼科装置には、測定部と被検眼との接触を回避するように駆動部の制御が行われるものがある。

【0007】

例えば、特許文献1には、被検眼に対して指標光を投射し、その反射光に基づく指標像を検出することにより、架台に設置された装置本体の位置を検出し、装置本体が被検眼に対して所定距離以上に接近したと判断された場合に架台の前方への移動を停止させる手法が開示されている。

【0008】

例えば、特許文献2には、被検眼に対して指標光を投射し、その反射光をプリズムレンズで2方向に曲折させて2次元受光素子で検出することにより、被検眼の角膜と検眼ユニットとの相対位置を算出し、検眼ユニットと被検眼との距離が適正作動距離よりも近付くと、検眼ユニットの移動を停止させる手法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平01-274737号公報

【特許文献2】特開平08-126609号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、従来手法では、被検眼に投射された指標光の反射光に基づく指標像を検出することにより被検眼に対する光学系のアライメント状態が特定される。従って、アライメントを実行している間に被検眼の瞬きや視線変更が生じると、アライメント状態を特定することができなくなる。それにより、指標像が再び検出されるまで待機せざるを得なくなるという問題がある。

【0011】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、接触を回避しつつ、瞬きや視線変更が生じた場合でもアライメント動作を継続可能とする新たな技術を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

実施形態に係る眼科装置の第1態様は、被検眼のデータを取得するための光学系と、前記光学系と前記被検眼とを前記光学系の光軸方向に相対的に移動する駆動部と、前記被検眼の前眼部を異なる方向から同時に撮影するための2以上の撮影部と、前記2以上の撮影部により同時に得られた2以上の撮影画像を解析することにより前記被検眼の2以上の特徴部位の少なくとも1つの3次元位置を特定する位置特定部と、前記光学系と前記位置特定部により特定された前記3次元位置との間の距離を特定する距離特定部と、前記距離特定部により特定された前記距離に基づいて前記駆動部を制御することにより前記光学系と前記被検眼とを相対移動させる制御部と、を含み、前記位置特定部は、前記被検眼の第1特徴部位を特定できなかったとき、前記第1特徴部位と異なる前記被検眼の第2特徴部位の3次元位置を特定し、前記第2特徴部位は、前記被検眼の瞼又は睫毛である。

20

また、実施形態に係る眼科装置の第2態様では、第1態様において、前記制御部は、前記距離に基づいて前記被検眼に対し前記光学系が所定の距離以上に接近しないように前記駆動部を制御してもよい。

また、実施形態に係る眼科装置の第3態様では、第1態様又は第2態様において、前記第1特徴部位は、前記被検眼の瞳孔又は角膜であってよい。

また、実施形態に係る眼科装置の第4態様は、第1態様～第3態様にいずれかにおいて、操作部を含み、前記制御部は、前記操作部を用いた操作に応じて前記駆動部を制御して前記光学系と前記被検眼とを相対移動させてもよい。

30

なお、上記した複数の態様に係る構成を任意に組み合わせることが可能である。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、接触を回避しつつ、瞬きや視線変更が生じた場合でもアライメント動作を継続可能とする新たな技術を提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施形態に係る眼科装置の構成の一例を表す概略図である。

【図2】実施形態に係る眼科装置の動作を説明するための概略図である。

40

【図3】実施形態に係る眼科装置の動作を説明するための概略図である。

【図4】実施形態に係る眼科装置の動作例を表すフローチャートである。

【図5】実施形態に係る眼科装置の動作例を表すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明の実施形態を説明する。実施形態に係る眼科装置は、任意の眼科測定装置、任意の眼科撮影装置、又は眼科測定装置と眼科撮影装置とを組み合わせた任意の複合機であってよい。眼科測定装置としては、レフラクトメータ、ケラトメータ、視機能検査装置、眼圧計などがある。眼科撮影装置の例としては、OCT装置、眼底カメラ、SLOなどがある。

50

【0016】

<構成>

図1に、実施形態に係る眼科装置の構成例に示す。実施形態に係る眼科装置1は、被検眼Eのデータを取得する機能、つまり被検眼Eを撮影する機能及び/又は被検眼Eの特性を測定する機能を備える。

【0017】

眼科装置1は、プロセッサ10と、光学ユニット20と、顔支持部70と、第1駆動機構80Aと、第2駆動機構80Bと、ユーザインターフェイス(UI)部90とを含む。なお、第1駆動機構80A及び第2駆動機構80Bの一方のみが設けられた構成であってもよい。

10

【0018】

光学ユニット20には、測定光学系30と、前眼部カメラ60とが設けられている。測定光学系30は、対物レンズ40を含む。前眼部カメラ60は、異なる位置に2台以上設けられている。

【0019】

(プロセッサ10)

プロセッサ10は、各種の情報処理を実行する。本明細書において「プロセッサ」は、例えば、CPU(Central Processing Unit)、GPU(Graphics Processing Unit)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、プログラマブル論理デバイス(例えば、SPLD(Simple Programmable Logic Device)、CPLD(Complex Programmable Logic Device)、FPGA(Field Programmable Gate Array))等の回路を意味する。

20

【0020】

プロセッサ10は、例えば、記憶回路や記憶装置に格納されているプログラムを読み出し実行することで、実施形態に係る機能を実現する。記憶回路や記憶装置の少なくとも一部がプロセッサ10に含まれていてよい。また、記憶回路や記憶装置の少なくとも一部がプロセッサ10の外部に設けられていてよい。プロセッサ10により実行可能な処理については後述する。プロセッサ10は、制御部11と、記憶部12と、データ処理部13とを含む。

30

【0021】

(制御部11)

制御部11は、眼科装置1の各部の制御を実行する。特に、制御部11は、光学ユニット20、第1駆動機構80A、及び第2駆動機構80Bを制御する。マニュアルアライメントの場合、制御部11は、ユーザによるユーザインターフェイス部90に対する操作を受け、第1駆動機構80A及び第2駆動機構80Bの少なくとも一方を制御することで、光学ユニット20と被検眼Eとを相対移動させる。オートアライメントの場合、制御部11は、後述の制御条件に基づいて第1駆動機構80A及び第2駆動機構80Bの少なくとも一方を制御することで、光学ユニット20と被検眼Eとを相対移動させる。制御部11により実行可能な制御については後述する。

40

【0022】

(記憶部12)

記憶部12は、各種のデータを記憶する。記憶部12に記憶されるデータとしては、測定光学系30により取得されたデータ(測定データ、撮影データ等)や、被検者及び被検眼に関する情報などがある。記憶部12には、眼科装置1を動作させるための各種のコンピュータプログラムやデータが記憶されていてよい。記憶部12には、後述の処理において使用・参照される各種のデータが記憶される。記憶部12は、前述の記憶回路や記憶装置を含む。

【0023】

50

(データ処理部 1 3)

データ処理部 1 3 は各種のデータ処理を実行する。特に、データ処理部 1 3 は、前眼部カメラ 6 0 により取得された画像を解析する。データ処理部 1 3 には、位置特定部 1 3 1 と、距離特定部 1 3 2 とが設けられている。これらの動作については後述する。

【 0 0 2 4 】**(光学ユニット 2 0)**

光学ユニット 2 0 には、図 1 に示す構成に加え、被検眼 E を正面から撮影するための光学系（観察光学系、撮影光学系等）やアライメント光学系が設けられてもよい。また、測定光学系 3 0 のフォーカシングを行うための構成などが設けられていてもよい。更に、光学ユニット 2 0 は、被検眼 E の前眼部 E a を照明するための光源（前眼部照明光源）を備えてもよい。

10

【 0 0 2 5 】**(測定光学系 3 0)**

測定光学系 3 0 は、被検眼 E の特性を測定するための構成を備える。測定光学系 3 0 は、眼科装置 1 が提供する機能（測定機能、撮影機能等）に応じた構成を備える。例えば、測定光学系 3 0 には、光源、光学素子（光学部材、光学デバイス）、アクチュエータ、機構、回路、表示デバイス、受光素子、イメージセンサなどが設けられる。測定光学系 3 0 の構成は従来の眼科装置のそれと同様であってよい。測定光学系 3 0 の少なくとも一部は、光路の外部に配置されてもよい。例えば、角膜曲率を測定するためのケラトメータ機能が設けられている場合、リング状光束又は同心円状光束を角膜に投影するための光源（ケラトリング光源）が被検眼 E の直前位置に配置される。例えば、被検眼 E の断層像や眼内距離を取得するための光干渉断層計の機能が設けられている場合、干渉光学系の焦点位置を変更するために対物レンズ 4 0 と被検眼 E との間に挿脱可能な前置レンズが設けられる。

20

【 0 0 2 6 】

測定光学系 3 0 は、検査に付随する機能を提供するための構成を備えていてよい。例えば、被検眼 E を固視させるための視標（固視標）を被検眼 E の眼底に投影するための固視光学系が設けられていてよい。

【 0 0 2 7 】**(前眼部カメラ 6 0)**

前眼部カメラ 6 0 は、被検眼 E の前眼部 E a を撮影する。前眼部カメラ 6 0 は、前述したように、異なる位置に 2 台以上設けられている。各前眼部カメラ 6 0 は、例えば、所定のフレームレートで動画撮影を行うビデオカメラである。2 以上の前眼部カメラ 6 0 は、前眼部を異なる方向から実質的に同時に撮影する。

30

【 0 0 2 8 】

本実施形態では、図 2 及び図 3 に示すように、2 台の前眼部カメラ 6 0 A 及び 6 0 B が設けられている。なお、図 2 は被検眼 E と前眼部カメラ 6 0 A 及び 6 0 B との間の位置関係を示す上面図である。+ Y 方向は鉛直上方を示し、+ Z 方向は測定光学系 3 0 の光軸方向であって測定光学系 3 0 から被検眼 E に向かう方向を示す。図 3 は被検眼 E と前眼部カメラ 6 0 A 及び 6 0 B との間の位置関係を示す側面図である。前眼部カメラ 6 0 A 及び 6 0 B はそれぞれ、測定光学系 3 0 の光路から外れた位置に設けられている。以下、2 台の前眼部カメラ 6 0 A 及び 6 0 B をまとめて符号 6 0 で表すことがある。

40

【 0 0 2 9 】

前眼部カメラの個数は 2 以上の任意の個数であってよいが、異なる 2 方向から実質的に同時に前眼部を撮影可能な構成であればよい。また、1 つの前眼部カメラが測定光学系 3 0 と同軸に配置されていてもよい。

【 0 0 3 0 】

「実質的に同時」とは、2 以上の前眼部カメラによる撮影において、眼球運動を無視できる程度の撮影タイミングのズレを許容することを示す。それにより、被検眼 E が同じ位置（向き）にあるときの画像を 2 以上の前眼部カメラによって取得することができる。

50

【0031】

また、2以上の前眼部カメラによる撮影は動画撮影でも静止画撮影でもよいが、本実施形態では動画撮影を行う場合について特に詳しく説明する。動画撮影の場合、撮影開始タイミングを合わせるよう制御したり、フレームレートや各フレームの撮影タイミングを制御したりすることにより、上記した実質的に同時の前眼部撮影を実現することができる。一方、静止画撮影の場合、撮影タイミングを合わせるよう制御することにより、これを実現することができる。

【0032】

本実施形態では、光学ユニット20と被検眼Eとの位置合わせ（アライメント）に、2以上の前眼部カメラ60により実質的に同時に得られる2以上の撮影画像が用いられる。アライメントには、測定光学系30の光軸方向（Z方向）におけるZアライメントと、Z方向に直交するX方向（水平方向）及びY方向（鉛直方向）におけるXYアライメントとがある。

10

【0033】

本実施形態では、前眼部カメラ60により得られた2以上の撮影画像それぞれについて被検眼Eの特徴部位に相当する特徴位置を特定し、前眼部カメラ60の位置と特定された2以上の撮影画像中の特徴位置とに基づいて被検眼Eの特徴部位の3次元位置が求められる。特徴部位として、例えば瞳孔又は角膜の中心（又は重心）や、瞼や睫毛などがある。マニュアルアライメントの場合、アライメント基準位置に対する被検眼Eの特徴部位の位置の変位がキャンセルされるようにユーザがユーザインターフェイス部90に対して操作することにより光学ユニット20と被検眼Eとを相対移動させる。オートアライメントの場合、アライメント基準位置に対する被検眼Eの特徴部位の位置の変位がキャンセルされるように制御部11が光学ユニット20を3次元的に移動させる。アライメント基準位置は、測定光学系30の光軸が被検眼Eの軸に略一致し、かつ、被検眼Eに対する測定光学系30の距離が所定の作動距離になる位置である。ここで、作動距離とは、対物レンズ40のワーキングディスタンスとも呼ばれる既定値であり、測定光学系30を用いた検査時における被検眼Eと測定光学系30との間の距離を意味する。

20

【0034】

以下の実施形態では、被検眼Eのデータを取得するための測定光学系30と被検眼Eとの間の距離は、測定光学系30を収容する光学ユニット20と被検眼Eとの間の距離又は対物レンズ40と被検眼Eとの間の距離と同一視できるものとする。

30

【0035】

（顔支持部70）

顔支持部70は、被検者の顔を支持するための部材を含む。例えば、顔支持部70は、被検者の額が当接される額当てと、被検者の顎が載置される顎受けとを含む。なお、顔支持部70は、額当て及び顎受けのいずれか一方のみを備えてもよく、これら以外の部材を備えてもよい。

【0036】

（第1駆動機構80A、第2駆動機構80B）

第1駆動機構80Aは、制御部11による制御を受けて光学ユニット20を移動する。第1駆動機構80Aは、光学ユニット20を3次元的に移動可能である。第1駆動機構80Aは、例えば、従来と同様に、光学ユニット20をX方向に移動させるための機構と、Y方向に移動させるための機構と、Z方向に移動させるための機構とを含む。第1駆動機構80Aは、X方向、Y方向及びZ方向に移動させるための機構を駆動する複数のステッピングモータ等（駆動手段）を含む。例えば、制御部11は、ステッピングモータに対して所定のパルス数の駆動信号を供給することで、当該パルス数に対応した移動量だけ光学ユニット20を移動させることができる。また、第1駆動機構80Aは、光学ユニット20の光軸を含む平面（水平面、垂直面等）内にて光学ユニット20を回動させる回動機構を含んでもよい。

40

【0037】

50

第2駆動機構80Bは、制御部11による制御を受けて顔支持部70を移動する。第2駆動機構80Bは、顔支持部70を3次的に移動可能である。第2駆動機構80Bは、例えば、顔支持部70をX方向に移動させるための機構と、Y方向に移動させるための機構と、Z方向に移動させるための機構とを含む。第2駆動機構80Bは、第1駆動機構80Aと同様に、X方向、Y方向及びZ方向に移動させるための機構を駆動する複数のステッピングモータ等（駆動手段）を含む。例えば、制御部11は、ステッピングモータに対して所定のパルス数の駆動信号を供給することで、当該パルス数に対応した移動量だけ顔支持部70を移動させることができる。また、第2駆動機構80Bは、顔支持部70（又はそれに含まれる部材）の向きを変更するための回動機構を含んでもよい。顔支持部70に複数の部材が設けられている場合、第2駆動機構80Bは、これら部材を個別に移動するよう構成されてよい。例えば、第2駆動機構80Bは、額当てと顎受けとを個別に移動するよう構成されてよい。被検者の顔の大きさの違いに起因した検査時における被検眼の変位を最小限に抑えるために、顎受けのみY方向に移動可能であってよい。なお、前述したように、一般に、第1駆動機構80A及び第2駆動機構80Bの少なくとも一方が設けられる。

10

【0038】

（ユーザインターフェイス部90）

ユーザインターフェイス部90は、情報の表示、情報の入力、操作指示の入力など、眼科装置1とそのユーザとの間で情報をやりとりするための機能を提供する。ユーザインターフェイス部90は、出力機能と入力機能とを提供する。出力機能を提供する構成の例として、フラットパネルディスプレイ等の表示装置や、音声出力装置や、印刷出力装置や、記録媒体への書き込みを行うデータライタなどがある。入力機能を提供する構成の例として、操作レバー、ボタン、キー、ポインティングデバイス、マイクロフォン、データライタなどがある。ユーザインターフェイス部90は、タッチパネルディスプレイのような出力機能と入力機能とが一体化されたデバイスを含んでよい。また、ユーザインターフェイス部90は、情報の入出力を行うためのグラフィカルユーザインターフェイス（GUI）を含んでよい。

20

【0039】

（データ処理部13の詳細）

データ処理部13の詳細を説明する。前述のように、データ処理部13には、位置特定部131と、距離特定部132とが設けられている。

30

【0040】

（位置特定部131）

位置特定部131は、前眼部カメラ60A及び60Bにより実質的に同時に得られた2以上の撮影画像を解析することにより、各撮影画像に描出された被検眼Eの2以上の特徴部位の少なくとも1つに相当する領域の位置（3次元位置）を特定する。位置特定部131は、所定の2以上の特徴部位それぞれに相当する領域のうち特定可能な領域の位置を特定することが可能である。この場合、位置特定部131は、あらかじめ決められた順序で順次に特徴部位に相当する領域の特定処理を行い、当該特定処理により特定された領域の位置を特定する。また、位置特定部131は、所定の2以上の特徴部位それぞれに相当する領域を特定し、特定された1以上の領域のいずれかの位置を特定してもよい。以下では、位置特定部131は、第1特徴部位としての瞳孔（又は角膜）を特定し、瞳孔中心が特定されなかったとき、第2特徴部位としての瞼（又は睫毛）を特定するものとする。

40

【0041】

前眼部カメラ60A及び60Bが動画撮影を行う場合、位置特定部131は、各フレームから当該領域の位置を特定する。位置特定部131は、撮影画像の画素値を解析することによって当該領域の位置を特定することが可能である。撮影画像が輝度画像である場合、位置特定部131は、撮影画像における輝度値の分布に基づいて、特徴部位に相当する画像領域（画素）を特定する。

【0042】

50

例えば、特徴部位が瞳孔である場合、位置特定部 131 は、撮影画像の画素値（輝度値など）の分布に基づいて、被検眼 E の瞳孔に相当する画像領域（瞳孔領域）を特定する。一般に瞳孔は他の部位よりも低輝度で描画されるので、低輝度の画像領域を探索することによって瞳孔領域を特定することができる。このとき、瞳孔の形状を考慮して瞳孔領域を特定するようにしてもよい。つまり、略円形かつ低輝度の画像領域を探索することによって瞳孔領域を特定するように構成することができる。次に、位置特定部 131 は、特定された瞳孔領域の中心位置を特定する。上記のように瞳孔は略円形であるので、瞳孔領域の輪郭を特定し、この輪郭（の近似円または近似楕円）の中心位置を特定し、これを瞳孔中心とすることができる。また、瞳孔領域の重心を求め、この重心位置を瞳孔中心としてもよい。なお、他の特徴部位に対応する特徴位置を特定する場合であっても、上記と同様に撮影画像の画素値の分布に基づいて当該特徴位置を特定することが可能である。また、位置特定部 131 は、被検眼 E の角膜に指標光束を投射し、角膜からの反射光束に基づく反射像を検出し、当該反射像の位置を被検眼 E の位置として特定することも可能である。

10

【0043】

例えば、特徴部位が瞼である場合、位置特定部 131 は、撮影画像の画素値（輝度値など）の分布に基づいて、被検眼 E の瞼の特徴領域に相当する画像領域を特定する。一般に被検眼 E の瞳孔と瞼とは互いに異なる輝度で描画されるので、瞼に対応する輝度の画像領域を探索することによって瞼領域を特定することができる。

【0044】

また、位置特定部 131 は、図 2 及び図 3 に示すように特徴位置を 3 次元位置として特定することが可能である。図 2 及び図 3 において、XY 方向における 2 つの前眼部カメラ 60A 及び 60B の間の距離（基線長）を「B」で表す。2 つの前眼部カメラ 60A 及び 60B の基線と、被検眼 E の特徴部位としての瞼上の特徴点（又は瞳孔）P との間の距離を「H」で表す。各前眼部カメラ 60A 及び 60B と、その画面平面との間の距離（画面距離）を「f」で表す。

20

【0045】

このような配置状態において、前眼部カメラ 60A 及び 60B による撮影画像の分解能は次式で表される。ここで、 p は画素分解能を表す。

【0046】

$$\begin{aligned} XY \text{ 方向の分解能} : \quad XY &= H \times p / f \\ Z \text{ 方向の分解能} : \quad Z &= H \times H \times p / (B \times f) \end{aligned}$$

30

【0047】

位置特定部 131 は、2 つの前眼部カメラ 60A 及び 60B の位置（既知である）と、2 つの撮影画像における瞼上の特徴点 P の位置とに対して、図 2 及び図 3 に示す配置関係を考慮した公知の三角法を適用することにより、瞼上の特徴点 P の位置を特定する。瞼上の特徴点 P の位置は、被検眼 E の位置（3 次元位置）として特定される。なお、特徴部位が瞳孔中心の場合も同様に瞳孔中心の位置が被検眼 E の位置として特定される。

【0048】

位置特定部 131 により特定された被検眼 E の位置は制御部 11 に送られる。制御部 11 は、前述したように、求められた被検眼 E の位置に基づいて測定光学系 30 の光軸を被検眼 E の軸に合わせるように、かつ、被検眼 E に対する測定光学系 30 の距離が所定の作動距離になるように第 1 駆動機構 80A 及び / 又は第 2 駆動機構 80B を制御する。

40

【0049】

（距離特定部 132）

距離特定部 132 は、位置特定部 131 により特定された被検眼 E の位置と測定光学系 30（対物レンズ 40）との間の距離を移動距離（光学系・被検眼距離）として特定する。例えば、位置特定部 131 は、光学ユニット 20 の基準位置（測定光学系 30 の対物レンズ 40 の位置）を基準とした 3 次元座標系において被検眼 E の位置を特定する。この場合、距離特定部 132 は、当該 3 次元座標系における公知の距離算出処理で上記の移動距離を特定することが可能である。距離特定部 132 は、逐次に特定される被検眼 E の位置

50

を用いて移動距離を逐次に求める。

【 0 0 5 0 】

制御部 1 1 は、距離特定部 1 3 2 により特定された移動距離に基づいて第 1 駆動機構 8 0 A 及び第 2 駆動機構 8 0 B の少なくとも一方を制御することにより光学ユニット 2 0 と被検眼 E とを相対移動させる。このとき、制御部 1 1 は、距離特定部 1 3 2 により逐次に特定された移動距離に基づいて第 1 駆動機構 8 0 A 及び第 2 駆動機構 8 0 B の少なくとも一方に対する制御条件を逐次に更新する。制御部 1 1 は、更新された制御条件に基づいて第 1 駆動機構 8 0 A 及び第 2 駆動機構 8 0 B の少なくとも一方を制御することが可能である。

【 0 0 5 1 】

光学ユニット 2 0 又は測定光学系 3 0 は、実施形態に係る「光学系」の一例である。第 1 駆動機構 8 0 A 及び第 2 駆動機構 8 0 B の少なくとも一方は、実施形態に係る「駆動部」の一例である。ユーザインターフェイス部 9 0 は、実施形態に係る「操作部」の一例である。前眼部カメラ 6 0 は、実施形態に係る「撮影部」の一例である。

【 0 0 5 2 】

< 動作 >

眼科装置 1 の動作について説明する。

【 0 0 5 3 】

図 4 及び図 5 に、眼科装置 1 の動作例のフロー図を示す。図 4 及び図 5 は、実施形態に係る眼科装置 1 の Z アライメントの動作例を表す。なお、図 4 及び図 5 では、X Y アライメントが完了しているものとして説明する。

【 0 0 5 4 】

(S 1)

被検眼 E の前眼部 E a の撮影を開始するための指示がユーザ又は制御部 1 1 によりなされたことに対応し、制御部 1 1 は、前眼部カメラ 6 0 を制御することで、被検眼 E の前眼部 E a の動画像の取得を開始させる。前眼部カメラ 6 0 A 及び 6 0 B は、所定のフレームレートで撮影画像（フレーム）を形成する。撮影画像は、データ処理部 1 3 に逐次に入力される。

【 0 0 5 5 】

(S 2)

制御部 1 1 は、S 1 において取得された撮影画像において第 1 特徴部位として被検眼 E の瞳孔中心に相当する位置を位置特定部 1 3 1 に特定させる。位置特定部 1 3 1 は、前述したように、S 1 において前眼部カメラ 6 0 A 及び 6 0 B により実質的に同時に得られた 2 以上の撮影画像を解析することにより、各撮影画像に描出された被検眼 E の瞳孔中心に相当する領域の 3 次元位置を被検眼 E の位置として特定する。

【 0 0 5 6 】

(S 3)

制御部 1 1 は、被検眼 E の位置を特定できたか否かを判定する。例えば、制御部 1 1 は、得られた撮影画像の輝度分布から瞳孔領域の特定が不可能なとき、位置特定部 1 3 1 により被検眼 E の位置が特定されなかったと判定する。被検眼 E の位置が特定されなかったと判定されたとき（S 3 : N）、眼科装置 1 の動作は S 7 に移行する（エンド）。なお、被検眼 E の位置の特定ができたか否かについては、所定回数だけ上記の位置特定処理を繰り返して被検眼 E の位置の特定ができないと判定されたとき、眼科装置 1 の動作を終了してもよい。

【 0 0 5 7 】

被検眼 E の位置が特定されたと判定されたとき（S 3 : Y）、眼科装置 1 の動作は S 4 に移行する。

【 0 0 5 8 】

(S 4)

S 3 において被検眼 E の瞳孔中心に相当する位置が特定されたと判定されたとき（S 3

10

20

30

40

50

: Y)、制御部 11 は、光学ユニット 20 の基準位置(既知)と特定された被検眼 E の位置(瞳孔中心に相当する位置)とに基づいて、光学ユニット 20 と被検眼 E との間の距離である移動距離を距離特定部 132 に特定させる。

【0059】

(S5) 制御部 11 は、Zアライメントが完了したか否かを判定する。例えば、制御部 11 は、S4 において求められた光学ユニット 20 の位置と被検眼 E の位置との間の Z 方向の移動距離と、対物レンズ 40 の作動距離との差分が所定の閾値以下のとき、Zアライメントが完了したと判定する。Zアライメントが完了したと判定されたとき(S5:Y)、眼科装置 1 の動作は S6 に移行する。Zアライメントが完了していないと判定されたとき(S5:N)、眼科装置 1 の動作は S9 に移行する。

10

【0060】

(S6)

S5 において Zアライメントが完了したと判定されたとき(S5:Y)、制御部 11 は、測定光学系 30 が備える機能に応じて測定光学系 30 を制御することにより被検眼 E に対する測定を実行させる。以上で、眼科装置 1 の動作は終了する(エンド)。

【0061】

(S7)

S3 において被検眼 E の瞳孔中心に相当する位置が特定されないと判定されたとき(S3:N)、制御部 11 は、S1 において取得された撮影画像において第 2 特徴部位として被検眼 E の瞼(瞼上の特徴点)に相当する位置を位置特定部 131 に特定させる。位置特定部 131 は、前述したように、S1 において前眼部カメラ 60A 及び 60B により実質的に同時に得られた 2 以上の撮影画像を解析することにより、各撮影画像に描出された被検眼 E の瞼に相当する領域(瞼上の特徴点)の 3 次元位置を被検眼 E の位置として特定する。

20

【0062】

(S8)

続いて、制御部 11 は、光学ユニット 20 の基準位置と S7 において特定された被検眼 E の位置(瞼に相当する位置、瞼上の特徴点の位置)とに基づいて、光学ユニット 20 と被検眼 E との間の距離である移動距離を距離特定部 132 に特定させる。

【0063】

(S9)

S5 において Zアライメントが完了していないと判定されたとき(S5:N)、又は S8 に続いて、制御部 11 は、移動距離が所定の安全距離以下であるか否かを判定する。安全距離は、光学ユニット 20 の基準位置から対物レンズ 40 の作動距離と微小距離(例えば 5 ミリメートル)とを加算した距離だけ被検眼 E に近い位置までの距離であってよい。移動距離が安全距離以下であると判定されたとき(S9:Y)、眼科装置 1 の動作は S11 に移行する。移動距離が安全距離以下ではないと判定されたとき(S9:N)、眼科装置 1 の動作は S10 に移行する。

30

【0064】

(S10)

S9 において移動距離が安全距離以下ではないと判定されたとき(S9:N)、制御部 11 は、ユーザによるユーザインターフェイス部 90 に対する操作を受け付け、操作内容に応じて第 1 駆動機構 80A 及び第 2 駆動機構 80B の少なくとも一方の移動量を決定する。本実施形態では、例えば、制御部 11 は、ユーザの操作内容に応じて第 1 駆動機構 80A を制御することにより光学ユニット 20 を移動させる。その後、眼科装置 1 の動作は S2 に移行する。

40

【0065】

(S11)

S9 において移動距離が安全距離以下であると判定されたとき(S9:Y)、制御部 11 は、第 1 駆動機構 80A を制御することにより光学ユニット 20 が被検眼 E に接近する

50

前進移動を停止させる。

【 0 0 6 6 】

(S 1 2)

続いて、制御部 1 1 は、第 1 駆動機構 8 0 A を制御することにより光学ユニット 2 0 が被検眼 E から遠ざかる方向に所定の移動量だけ後退させる。それにより、制御部 1 1 は、被検眼 E に対して所定の距離以上に接近しないように第 1 駆動機構 8 0 A を制御することができる。その後、眼科装置 1 の動作は、S 9 に移行する。

【 0 0 6 7 】

以上説明したように、実施形態によれば、前眼部カメラ 6 0 により被検眼 E の 2 以上の特徴部位を特定し、特定された特徴部位の位置を被検眼 E の位置を特定することができるので、被検眼 E の瞬きや視線変更などが生じても、被検眼 E の位置を特定して光学ユニット 2 0 と被検眼 E との位置合わせを継続することができる。特に、瞼は角膜頂点や瞳孔よりも光学ユニット 2 0 側に位置するため、光学ユニット 2 0 と瞳孔中心や角膜中心等との間の距離を基準に位置合わせをする場合に比べて光学ユニット 2 0 と被検眼 E との接触をより安全に回避することができる。

10

【 0 0 6 8 】

< 作用・効果 >

実施形態に係る眼科装置の作用及び効果について説明する。

【 0 0 6 9 】

実施形態に係る眼科装置 (1) は、光学系 (測定光学系 3 0) と、駆動部 (第 1 駆動機構 8 0 A 及び第 2 駆動機構 8 0 B の少なくとも一方) と、2 以上の撮影部 (前眼部カメラ 6 0 、 6 0 A 、 6 0 B) と、位置特定部 (1 3 1) と、距離特定部 (1 3 2) と、制御部 (1 1) とを含む。光学系は、被検眼 (E) のデータを取得するために用いられる。駆動部は、光学系と被検眼とを光学系の光軸方向 (Z 方向) に相対的に移動する。2 以上の撮影部は、被検眼の前眼部 (E a) を異なる方向から同時に撮影するために用いられる。位置特定部は、2 以上の撮影部により同時に得られた 2 以上の撮影画像を解析することにより被検眼の 2 以上の特徴部位のうち少なくとも 1 つの 3 次元位置を特定する。距離特定部は、光学系と位置特定部により特定された 3 次元位置との間の距離 (光学系・被検眼距離) を特定する。制御部は、距離特定部により特定された上記の距離に基づいて駆動部を制御することにより光学系と被検眼とを相対移動させる。

20

30

【 0 0 7 0 】

このような構成によれば、2 以上の撮影部により同時に得られた 2 以上の被検眼の前眼部の撮影画像を用いて被検眼の 2 以上の特徴部位の少なくとも 1 つの 3 次元位置を特定し、光学系と 3 次元位置との距離に基づいて光学系と被検眼とを相対移動させるようにしたので、被検眼の瞬きや視線変更などが生じても、被検眼 E の位置を特定して光学系と被検眼との位置合わせを継続することができる。

【 0 0 7 1 】

また、実施形態に係る眼科装置では、制御部は、上記の距離に基づいて被検眼に対し光学系が所定の距離以上に接近しないように駆動部を制御してもよい。

【 0 0 7 2 】

このような構成によれば、位置合わせの間に被検眼の瞬きや視線変更などが生じても、光学系と被検眼との接触を回避しつつ、高精度な位置合わせが可能な眼科装置を提供することができるようになる。

40

【 0 0 7 3 】

また、実施形態に係る眼科装置では、位置特定部は、被検眼の第 1 特徴部位を特定できなかったとき、第 1 特徴部位と異なる被検眼の第 2 特徴部位の 3 次元位置を特定してもよい。

【 0 0 7 4 】

このような構成によれば、被検眼の第 1 特徴部位に相当する領域の位置を特定できなくても第 2 特徴部位に相当する領域の位置を被検眼の位置として特定して光学系と被検眼と

50

の位置合わせを継続することができる。

【0075】

また、実施形態に係る眼科装置では、第1特徴部位は、被検眼の瞳孔又は角膜であってよい。

【0076】

このような構成によれば、被検眼の瞳孔又は角膜に相当する領域が特定されたときには光学系の光軸方向について高精度な位置合わせを行いつつ、瞳孔及び角膜に相当する領域が特定されないときでも当該位置合わせ動作を継続させることができる。

【0077】

また、実施形態に係る眼科装置では、第2特徴部位は、被検眼の瞼又は睫毛であってよい。

10

【0078】

このような構成によれば、被検眼が閉じた状態でも瞼や睫毛の位置を被検眼の3次元位置として特定することができるので、瞬きや視線方向が生じても光学系と被検眼との位置合わせを継続させることができる。

【0079】

また、実施形態に係る眼科装置は、操作部（ユーザインターフェイス部90）を含み、制御部は、操作部を用いた操作に応じて駆動部を制御して光学系と被検眼とを相対移動させてもよい。

【0080】

20

このような構成によれば、位置合わせの間に被検眼の瞬きや視線変更が生じても、ユーザによる操作に違和感を与えることなく、高精度な位置合わせが可能になる。

【0081】

<変形例>

以上に説明した実施形態は本発明の典型的な例示に過ぎない。よって、本発明の要旨の範囲内における任意の変形（省略、置換、付加等）を適宜に施すことが可能である。

【0082】

複数の測定（撮影）を順次に行う場合、各測定の直前にアライメントを行うことができる。例えば、角膜曲率測定（ケラト測定）と、眼屈折力測定（レフ測定）と、自覚検査（視力測定）とをこの順で行う場合、ケラト測定の前、ケラト測定とレフ測定との間、及び、レフ測定と自覚検査との間に、それぞれアライメントを行うことが可能である。また、複数の測定の一部の直前にアライメントを行うようにしてもよい。

30

【符号の説明】

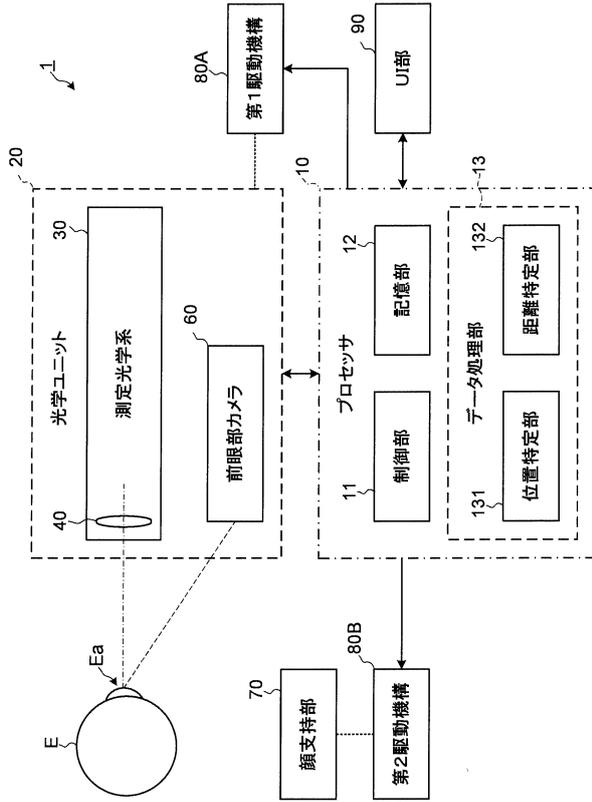
【0083】

- 1 眼科装置
- 1 1 制御部
- 1 2 記憶部
- 1 3 データ処理部
- 2 0 光学ユニット
- 3 0 測定光学系
- 4 0 対物レンズ
- 6 0、6 0 A、6 0 B 前眼部カメラ
- 7 0 顔支持部
- 8 0 A 第1駆動機構
- 8 0 B 第2駆動機構
- 9 0 ユーザインターフェイス部
- 1 3 1 位置特定部
- 1 3 2 距離特定部
- E 被検眼
- E a 前眼部

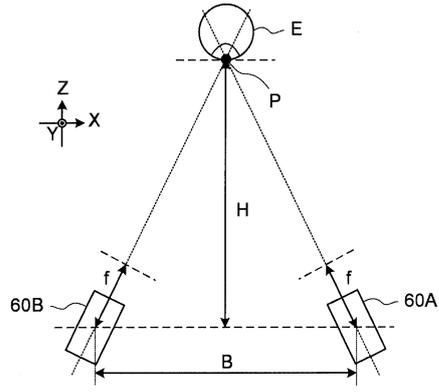
40

50

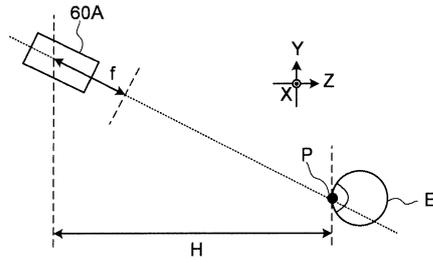
【図1】



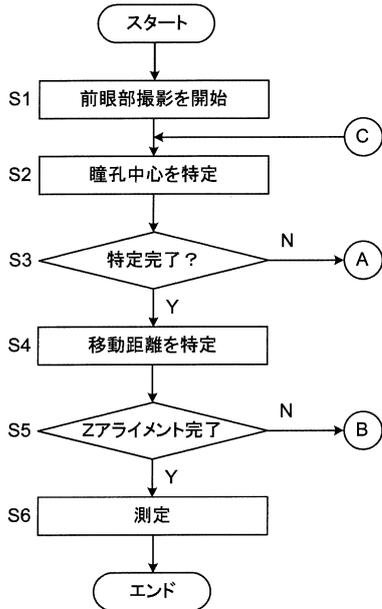
【図2】



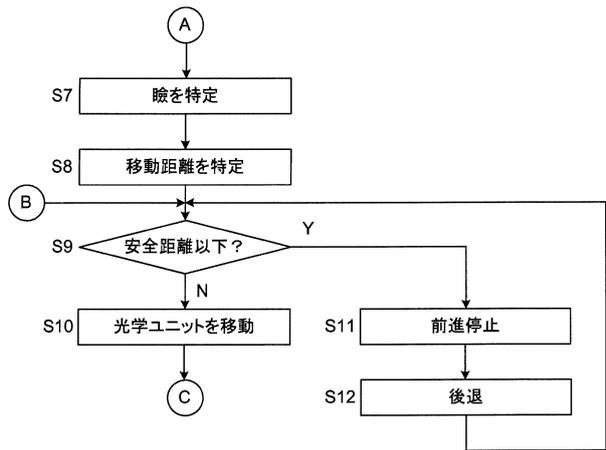
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-248376(JP,A)
特開平08-299267(JP,A)
特開平08-126609(JP,A)
特開2012-183126(JP,A)
国際公開第2013/008302(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 3/00 - 3/18